

## OSSERVAZIONI DI TRANSITI DI PIANETI EXTRASOLARI A LOIANO

C. Bartolini, E. Lapenna, A. Mantegna, D. Pezzuolo

Uno dei sogni più grandi degli astronomi, e dell'uomo in genere, è sempre stato quello di scoprire e studiare pianeti che girano attorno a stelle diverse dal Sole, sui quali potessero vivere esseri intelligenti. Nel 1992 Wolszczan notò che gli istanti dell'arrivo degli **impulsi radio dalla pulsar** PSR1257+12 presentavano delle irregolarità periodiche spiegabili solo con la presenza attorno alla pulsar di 3 pianeti di massa confrontabile con quella della Terra; questi pianeti non sono di certo abitabili perché la stella di neutroni che genera gli impulsi radio, avendo una bassissima luminosità, non è in grado di scaldarli.

Alcune centinaia di pianeti molto più caldi sono stati scoperti col **metodo spettroscopico**, basato sul monitoraggio della velocità radiale della stella. Infatti, pianeta e stella girano attorno al loro comune centro di massa su orbite ellittiche con lo stesso periodo e con il rapporto dei semiassi maggiori pari al rapporto inverso tra le masse. Ciò comporta un moto periodico di avvicinamento e allontanamento della stella da un osservatore, il quale potrà osservarne il corrispondente effetto Doppler. Con questo metodo nell'agosto 2010 Lovis et al. hanno scoperto 7 nuovi pianeti attorno alla stella HD 10180, che ha per ora il sistema planetario più numeroso dopo il Sole.

Il **metodo delle immagini dirette** può essere usato con telescopi ottici ad alta risoluzione, telescopi infrarossi e radiotelescopi nella banda millimetrica, nella quale il contributo del pianeta è maggiore. Questi strumenti offrono la possibilità di separare il flusso della stella dal flusso stellare riflesso del pianeta. Il rapporto di luminosità fra Giove e il Sole nel visibile è circa  $10^{-9}$ , nell'infrarosso esso diventa più favorevole; infatti, a  $10 \mu m$  è circa  $10^{-6}$ .

Dalla relatività generale sappiamo che il percorso dei raggi di luce è dato da geodetiche, cioè da cammini con lunghezza minima nella geometria dello spaziotempo, determinata localmente dalla massa ed energia. In prossimità di un oggetto di grande massa la traiettoria dei fotoni non è rettilinea, ma presenta una deflessione, come fu confermato osservativamente per la prima volta da Eddington nel 1919 per le stelle prossime al Sole eclissato.

Una massa che si trova sulla congiungente tra la sorgente e l'osservatore si comporta come una **lente gravitazionale** che concentra i raggi, se l'allineamento è perfetto, in una piccola circonferenza detta anello di Einstein, se non è perfetto, su un arco di essa, provocando un aumento di luminosità dell'oggetto. La presenza di un pianeta attorno all'oggetto che fa da lente genera un secondo breve picco di luminosità, da cui è possibile dedurre il rapporto fra la massa della stella e quella del pianeta.

Il **metodo fotometrico** è basato sulle variazioni di luminosità della stella dovuta al transito del pianeta lungo la linea visuale; se la stella ha un raggio  $R$ , il passaggio del pianeta di raggio  $r$

causa una diminuzione, nel flusso della stella, di  $\frac{\Delta F}{F} = \left(\frac{r}{R}\right)^2$ . Si noti che il transito è rivelato solo

se il piano dell'orbita del pianeta è praticamente perpendicolare al piano tangente alla sfera celeste, cioè se il pianeta si proietta sul disco della stella; ciò favorisce la rivelazione di pianeti molto vicini alla loro stella. Questo metodo è l'unico che fornisce direttamente il raggio del pianeta. Se è possibile ricavare la massa attraverso il metodo della velocità radiale, si può dedurre la densità, ciò permette di distinguere pianeti terrestri dai grandi pianeti gassosi simili a Giove. Considerando una stella di tipo solare, la variazione di flusso nel momento di massima occultazione è di  $10^{-2}$  per pianeti di tipo gioviano, di  $10^{-4}$  per pianeti di tipo terrestre. Il satellite Kepler ha già scoperto con questo metodo centinaia di nuovi pianeti fra cui un sistema, Kepler 11, con sei pianeti.

A Loiano, con il fotometro fotoelettrico a due canali costruito dal Prof. Adalberto Piccioni, uno puntato sulla stella in esame, l'altro su una stella di confronto, in modo da rimuovere gli effetti dell'atmosfera, abbiamo usato ovviamente il metodo dei transiti. Sono state osservate le stelle HD

88133, HD 195019 e HD 189733, per le quali era già stato scoperto un pianeta con il metodo spettroscopico. Per HD 189733 spettri nell'infrarosso presi da Giovanna Tinetti ed altri mostrano che nell'atmosfera del pianeta sono presenti acqua e metano.

Molta attenzione va dedicata alla determinazione del coefficiente di estinzione  $K$  dell'atmosfera e alla sua dipendenza dall'indice di colore  $(B - V)$  della stella osservata.  $K$  diminuisce per le stelle più rosse secondo l'equazione:  $K = K' + K''(B - V)$ ; per l'osservatorio di Loiano, che si trova a circa 800 metri di altezza, in luce blu  $K''_B = -0.04$ , nel visuale  $K''_V = -0.013$ , mentre nell'ultravioletto la discontinuità di Balmer delle stelle dei primi tipi spettrali sposta la lunghezza d'onda equivalente verso il rosso, rendendola simile a quella delle stelle più fredde, per cui si assume in genere  $K''_U = 0$ . Le correzioni dovute al coefficiente di estinzione  $K''$  diventano minime quando la stella di confronto ha un indice di colore simile a quello della variabile.

La stella HD 88133 in notti diverse e la stella HAT-P-6 nelle stessa notte sono state osservate sia con il fotometro fotoelettrico a due canali che con il CCD ed abbiamo notato che, essendo le variazioni di pochi centesimi di magnitudine, è preferibile quest'ultimo, soprattutto quando le magnitudini della variabile e della stella di confronto sono molto diverse.

Con il CCD Andrea Mantegna ha osservato uno stupendo transito di un pianeta davanti alla stella XO-5, che ha permesso di migliorare il periodo di rivoluzione del pianeta attorno alla sua stella. Altri due transiti sono stati osservati successivamente.